

ASTI MARKET INSIGHT

인과성 AI (Causal AI)



데이터분석본부 수도권지원 선임기술원 **이영석** Tel: 02-3299-6146 e-mail: ysl@kisti.re.kr

KEY FINDING

1. 인과성 AI는 원인과 결과를 이해하고 이에 관한 관계를 고려하여 보다 깊은 설명이 가능하며, 머신러닝 과정을 보다 투명하게 계산할 수 있도록 고안된 기술이다.
2. 인과성 AI의 세계 시장 규모는 2023년 801만 달러에서 연평균 약 47.1%로 급성장해 2030년까지 1억 1,950만 달러에 이를 것으로 전망된다.
3. 시장 규모는 작은 편이나 다양한 머신러닝 기술 중 하나인 모델을 다루는 분야임을 감안할 때 예상 성장률은 매우 높은 시장이다.
4. 중국과 일본을 포함한 아시아 시장은 연평균 성장률이 60%에 가까운 정도로 빠르게 성장하고 있다.
5. CausalLens가 전체시장의 약 60%를 차지하여 독점인 형세이며, Microsoft, IBM, AWS, Google 등 거대기업 조차도 각 5% 이하의 점유율을 보이는 시장이다.
6. 한 기업이 시장을 독점하고 있고, 나머지 상당 부분을 작은 업체들이 사용자에게 최적화된 각자의 기술로 시장을 구성하고 있어 특징적인 아이디어를 토대로 한 인과성 AI 기반 모델을 구축한다면 시장 특성상 빠르게 사용자층을 확보할 수 있을 것이다.

1) 기술의 개요

최근 데이터 기반 의사 결정을 강화하고 비즈니스 영역에서 예측 모델링을 적용하는 연구가 빠르게 증가하고 이를 실생활에 적용하는 영역이 늘어났다. 예측 모델링은 방대한 양의 데이터를 사용하여 결과를 예측하는 중요한 도구로 활용되고 있으나, 대부분의 전통적 예측 모델은 상관관계를 파악하고 다양한 이벤트 간의 관련성을 분석하는 데 초점을 맞추고 있다. 이러한 모델은 원인과 결과를 명확하게 분

리하거나 근본적인 원인을 파악하기 어렵다는 한계를 맞이하고 있다.

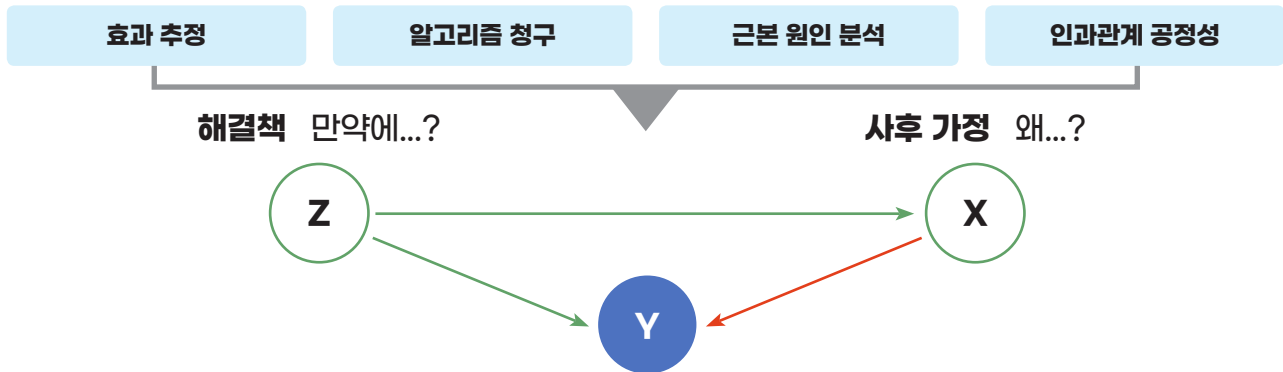
인과성 AI(Causal AI)는 이러한 한계를 극복하려는 혁신적인 머신러닝 기술로, 데이터의 근본적인 원인과 결과를 이해하고 모든 영향을 고려하여 관계를 보다 깊이 설명하는데 초점을 맞춘다. 인과성 AI는 예측 모델링의 한계를 넘어 원인과 결과를 정확하게 이해하고 설명할 수 있는 차별적인 특성을 갖는다.

이러한 인과성 AI의 발전은 원인과 결과에 대한 추론을 통해 상관관계를 넘어 인과적인 관계를 이해하는데 큰 도움이 된다. 인과성

AI는 인간의 사고방식과 유사한 방식으로 작동하며, 머신러닝과 AI가 기존에 해결하기 어려웠던 문제들에 도전하고 있다. 인과성 AI는 인간의 의사결정에 직관적으로 도움을 주는 동시에 계산 영역에서 새로운 가능성을 제공한다. 특히 특정 입력 변수와 결과 값 간의 원

인과 결과에 대한 근본적인 질문에도 대답을 할 수 있다. 이러한 관점에서 인과성 AI는 데이터 기반 의사결정과 예측 모델링 분야에서 중요한 역할을 하고 있다.

그림 1 Causal AI가 적용된 엔진의 작동 알고리즘



출처 : CausalLens 홈페이지 (재가공)

2) 시장 동향

| 시장 규모 및 전망

인과성 AI의 세계 시장 규모는 2023년 801만 달러에서 연평균 47.1%로 성장해 2030년 1억 1,950만 달러에 이를 것으로 예측된다. 지역별로 볼 때, 북미 시장은 2023년 399만 달러로 가장 큰 규모를 형성하고 있으며, 45.3%의 연평균 성장률을 보여 2030년 5,461만 달러 규모로 증가할 것으로 전망된다. 유럽은 2023년

234만 달러 규모의 시장을 형성하고 있고, 연평균 46.2%의 성장률을 보여줄 것으로 기대되며, 이 전망에 따르면 2030년 3,346만 달러의 시장을 형성할 것으로 보인다. 아시아를 포함한 그 외의 시장은 2023년 167만 달러 규모의 시장을 형성하고, 예상되는 연평균 성장률은 52.0%로, 규모는 작지만 성장률은 가장 높을 것으로 예상된다. 이를 통해 2030년에는 3,143만 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 예상된다. 기타 지역 중에서는 중국, 일본, 이스라엘 순으로 큰 시장 규모를 가질 것으로 예측되며, 그 중에서도 아시아 지역은 성장률이 60%에 가까운 정도의 빠른 성장이 기대되고 있다.

표 1 인과성 AI의 지역별 세계 시장 현황 및 전망

(단위: 천 달러)

대륙 구분	시장 현황 및 전망								CAGR(%)
	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	
북미	3,992.4	8,484.1	16,009.0	26,070.1	36,294.5	43,237.8	48,766.1	54,611.5	45.3
유럽	2,343.5	5,000.7	9,476.6	15,532.8	21,769.8	26,113.5	29,725.9	33,460.0	46.2
기타	1,674.1	3,715.2	7,314.4	12,497.1	18,235.7	22,748.7	27,008.0	31,428.5	52.0
계	8,010.0	17,200.0	32,800.0	54,100.0	76,300.0	92,100.0	105,500.0	119,500.0	47.1

출처 : Markets & Markets (2023)

표 2 인과성 AI의 아시아 등 북미 및 유럽 외 시장 현황 및 전망

(단위: 천 달러)

나라 구분	시장 현황 및 전망								CAGR(%)
	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년	
이스라엘	326.8	653.5	1,141.0	1,692.8	2,083.8	2,102.2	1,886.4	1,464.3	23.9
중국	463.0	1,062.6	2,163.6	3,823.2	5,769.7	7,443.9	9,140.0	11,000.0	57.2
일본	281.7	649.5	1,328.7	2,358.8	3,576.4	4,635.7	5,718.5	6,914.3	58.0
기타(한국 포함)	602.7	1,349.6	2,681.1	4,622.2	6,805.8	8,567.0	10,263.0	12,050.0	53.4
계	1,674.1	3,715.2	7,314.4	12,497.1	18,235.7	22,748.7	27,008.0	31,428.5	52.0

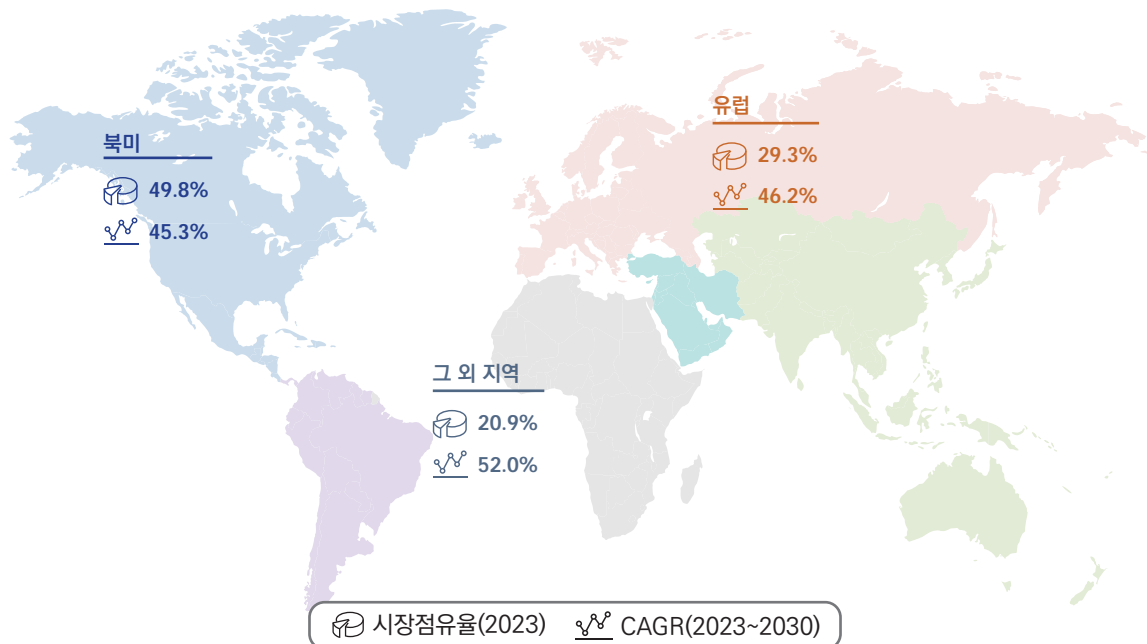
출처 : Markets & Markets (2023)

최근 중국은 인과성 AI를 포함한 머신러닝 및 AI 능력을 빠르게 확장해왔다. 2017년에는 ‘차세대 인공지능 개발 계획’을 통해 2030년까지 AI분야에서 선도국이 되는 것을 목표로 인과성 AI 기술개발에 박차를 가했다. 정부 주도 계획 외에도 중국 내 많은 기업은 인과성 AI를 적극적으로 개발하고 있는데, 중국 온라인 쇼핑몰을 운영하는 알리바바는 고객의 제품 추천 개선을 목표로 ‘아인슈타인’

이라는 인과성 AI 플랫폼을 개발하였으며, SenseTime은 자율 주행과 관련한 인과성 AI 플랫폼을 개발하였다. 뿐만 아니라 Baidu는 독일의 소프트웨어 회사 SAP와 협력하는 등 관련 기술의 개발과 성장에 큰 노력을 기울이고 있다.

일본도 2017년 ‘인공 지능 기술 전략’을 정부 차원에서 발표하며 AI 분야를 선도하기 위한 전략을 세웠는데, FUJITSU는 인과성

그림 2 인과성 AI의 지역별 시장 점유율 및 연평균 성장률(2023년)



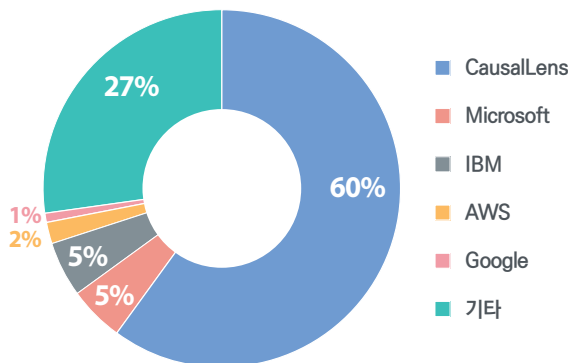
출처 : Markets & Markets (2023)

AI에 적용하기 위한 인과 관계 추론 엔진을 자체 개발 완료하였고, NEC(일본전기)는 헬스케어 및 금융권 등 다양한 분야에서 사용할 수 있는 인과 분석 기술을 개발하였다. 도쿄 대학은 관련 연구센터를 마련하고 인과성 AI 개발 연구에 중점을 두는 등 산업계와 학계의 전폭적인 지원 하에 빠르게 발전하고 있다.

경쟁 현황

인과성 AI 시장은 CausaLens가 60% 가량을 점유하고 있어 현재로서는 사실상 독점상태이다. 인과성 모델인 CasualNet을 개발하여 제공하고 있으며, 많은 연구기관과 산업시설 등에서 사용 중에 있다. 인과성 AI 시장의 구성 분포는 AI 분야의 전형적인 구조와는 많이 다른데, 관련 업계에서 큰 규모를 자랑하는 Microsoft, IBM, AWS, Google조차도 인과성 AI 분야에서는 시장 점유율이 5% 이하이며 Google은 1% 이하로 확인된다. 또한 그 외 작은 규모의 소형 전문업체들이 27%를 형성하고 있다.

그림 3 디지털 전환 기술의 기업별 시장 점유율 예측 현황 (2023)



출처 : Markets & Markets (2023) 재가공

3) 정책 및 제약사항

정책

우리나라는 2019년 12월 '인공지능 촉진법'을 시행하면서 AI 산업 발전을 위한 기본적인 법적 기반을 마련하였고, 2020년 8월 'AI 2020 선도 기술 도입 및 활용 지원 계획'을 통해 선도 기술을 개발하고 활용하기 위하여 AI 분야의 산업 구조 조정 및 기술 개발 지원,

전문 인력 양성 등 많은 정책을 제시하였다. 동시에 데이터 보호와 규제 측면으로는 2020년 10월 개인정보보호법 개정안을 제출해 관련 분야의 개인 정보 보호 및 AI 모델의 투명성을 보장하였다. 또한 2021년 7월 인공 지능 윤리 및 안전 지침을 공표해 윤리적인 문제를 예방하고 대응할 수 있게 하였다. 앞서 2020년 12월에 '인공 지능 시대를 준비하는 법·제도·규제 정비 로드맵'을 발표하면서 AI 활용 촉진과 부작용을 최소화하기 위한 30개 과제를 제시하였는데, 대표적으로는 데이터 경제 활성화 기반 조성, 설명 요구권·이의 제기권 도입, 법인격 및 책임 체계 정립을 위한 장기 과제 추진, 알고리즘 투명성·공정성 확보, 윤리 정립으로 신뢰할 수 있는 AI 기반 조성, 의료·금융·행정 분야의 안전한 AI 활용 촉진 및 고용·노동과 포용·복지 법제 정비 추진 등 다양한 방면에 대응할 수 있는 구체화된 로드맵을 마련하였다.

제약사항

인과성 AI 모델은 효과적인 훈련을 위해 대량의 고품질 데이터가 필요하며, 이를 확보하는 것은 많은 분야에서 어려운 과제이다. 특히, 학습 데이터는 변수 간 명확한 인과관계를 정확하게 인덱싱하고 데이터베이스를 구조화해야 하므로, 분야별 전문지식과 연구자 및 전문가의 많은 노력이 필요하다. 따라서 데이터베이스를 구조화해야 하므로 기존의 머신러닝 모델에 비해 분야별 전문지식과 연구자 및 전문가의 많은 노력이 필요로 한다.

또한, 인과성 AI 모델이 아직 초기 단계에 있다는 점을 감안하면, 산업 분야에서의 사용 기간이 짧은 것도 확산을 제한하는 요인 중 하나이다. 특히 의료 분야에서 질병 진단과 치료 계획 권장, 금융 분야에서 투자와 관련된 인과관계, 법률 분야에서 판사와 변호사가 판결을 위한 정보에 적용하기 위한 결과에 대해 인과성 AI로부터 그 신뢰를 완벽하게 얻지 못하는 점 등이다. 인과성 AI는 인과관계를 설명할 수 있지만, 그 과정을 인간이 충분히 이해하기에는 아직 미흡한 수준에 있어 제약 요인으로 작용하고 있다.



그림 4 인과성 AI의 Porter's 5 Force 분석



출처 : Markets & Markets (2023)

4) 애널리스트 인사이트

빅데이터 기반의 머신러닝과 AI 기술은 지속적인 발전과 함께 다양한 장점을 제공하고 있으나, 이러한 기술에는 몇 가지 치명적인 단점도 나타나고 있다. 데이터 처리와 연산 비용이 높다는 문제는 무시할 수 없으며, 결과를 해석하기 어렵고 편향적인 결과가 발생할 수 있는 문제도 있다. 이로 인해 이 기술의 사용에 대한 근본적인 의문이 제기되고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 정책들이 이미 진행 중이며, 인과성 AI가 이를 해결할 수 있는 해답으로 여겨진다.


현재는 민감한 데이터 사용과 투명하지 않은 알고리즘으로 인한 윤리적 문제를 해결하기 위한 정책들이 논의되고 있다. 인과성 AI는 이러한 문제를 해결할 수 있는 도구로 간주된다. 인과성 AI를 학습시키기 위해서는 데이터 정제 과정에서 복잡한 학습과정까지 많은 노

력과 전문 지식이 필요하지만, 분야별 학습이 완료된 후에야 원인과 결과에 대한 이해가 가능하다.

인과성 AI는 지도형 기계학습, 비지도형 기계학습 등 다양한 기계학습 형태를 포함해 자연어 처리, 예측 분석, 딥러닝, AI 거버넌스, 베이지 네트워크(Bayesian network) 등 다양한 기술 영역에 관련되어 있으며, 기술 발전을 통해 동반 성장할 것으로 예상된다. 또한 클라우드 컴퓨팅, 로봇공학, 연합학습, 디지털 트윈과 같은 분야도 인과성 AI의 성장에 영향을 받아 기능이 크게 향상될 것으로 보인다.

인과성 AI 시장의 규모는 아직 작지만 독특한 시장 구조를 가지고 있다. 대규모 IT 및 인터넷 기업들은 이 시장에서 비교적 작은 점유율을 차지하고 있는 반면, 인과성 AI 전문업체 중 하나인 CausalLens가 시장을 독점하고 있다. 소규모 기업들은 사용자의 요구에 맞게 최적화된 기술을 제공하며 시장을 구성하고 있다. 시장은 경쟁이 치열

하며 R&D에 대규모 자본 투자가 필요한 특성으로 인해 후발 주자의 위협은 낮은 편이나, 머신러닝 및 AI 분야의 특성을 고려할 때 혁신적인 아이디어를 통해 새로운 학습 모델을 구현하고 혁신적인 아이

디어를 통해 새로운 학습모델을 구현하고 사용자를 확보해나가면 시장에서 존재감을 나타낼 수 있을 것이다. 

참고문헌

- [1] Markets & Markets, CAUSAL AI Market – Global forecast to 2030, 2023.05.
- [2] KISTI, ASTI MARKET INSIGHT – 생성 AI, 2023
- [3] RapidMiner 홈페이지 – Causal AI
- [4] CausaLens 홈페이지 – Why Causal AI

